



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

1. Единицы измеряемых величин.
 2. Физические принципы измерений.
 3. Фотометрический закон изменения освещенности с расстоянием.
 4. Интегрирование распределения яркости.
 5. Измерение светового потока.
 6. Особенности измерения световых потоков в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях.
 7. Измерительные устройства.
- Представление результатов измерений.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Одна из важнейших практических задач — расчет и осуществление рационального освещения жилых и производственных помещений, а также общественных мест, где протекает жизнь и деятельность человека.

Правильно устроенное освещение обеспечивает спокойную и продуктивную работу глаз. Вследствие этого при благоприятном освещении растет производительность труда и улучшается качество продукции; вместе с тем сохраняется зрение работающих, соблюдается общая гигиена труда, уменьшается число несчастных случаев.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Раздел физики и техники, занятый решением задачи рационального освещения, называют **светотехникой**. В нем исследуются вопросы правильного использования *дневного света* в помещениях, что достигается расчетом размеров и рационального расположения окон; другой, особенно важной и трудной задачей светотехники является расчет установок *искусственного света*, создающих необходимое освещение при наименьших затратах энергии и средств. Проектируя освещение, пользуются *правилами и нормами*, имеющими обязательный характер.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

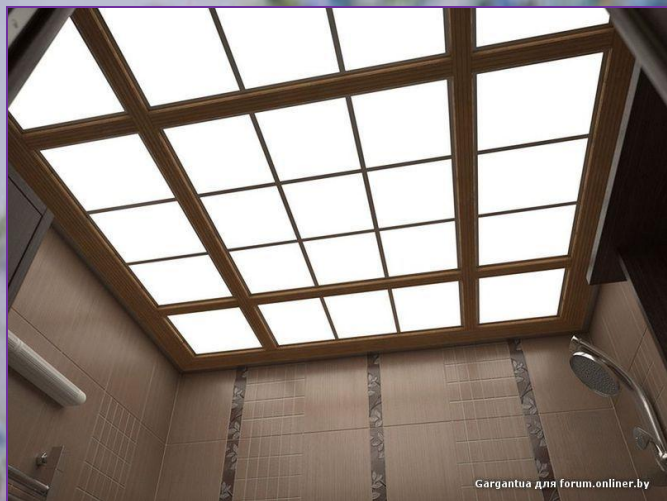
Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Для целей освещения применяются разнообразные осветительные приборы, состоящие из источника света (лампы) и осветительной арматуры. *Осветительные системы* различного вида *не могут увеличить полный световой поток*, который является величиной, характеризующей излучающий источник. Однако они имеют большое значение в *перераспределении светового потока и концентрации его в нужном направлении*. Таким путем достигается увеличение силы света по нужному направлению с соответственным уменьшением её в других направлениях.

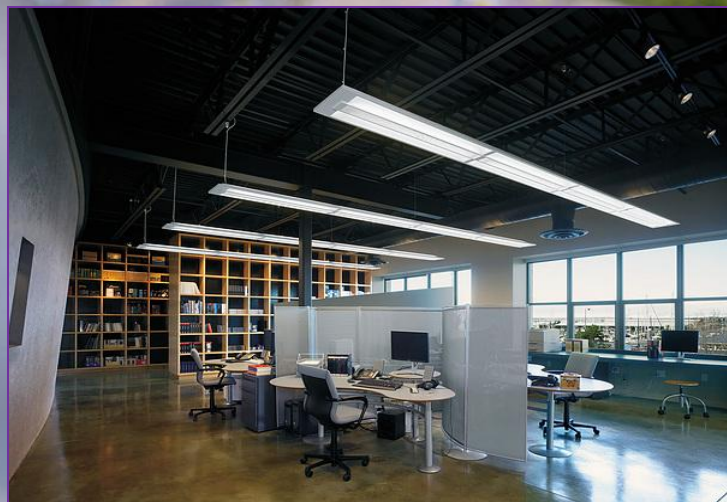


ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света



Другой важной задачей, с которой часто приходится сталкиваться в светотехнике, является создание равномерной освещенности на больших площадях.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Величины, характеризующие оптическое излучение

Энергетические
фотометрические
величины X_e

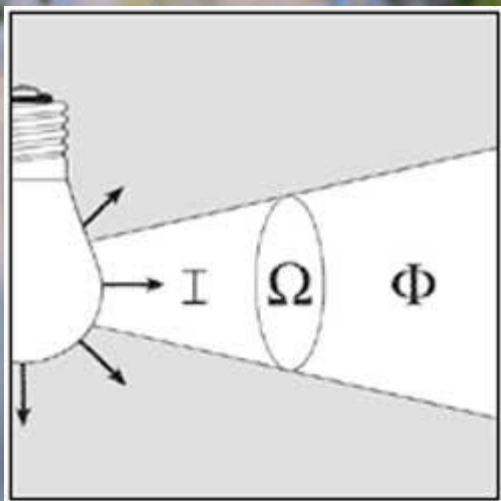
Редуцированные
фотометрические
величины X_v

Фотонные
фотометрические
величины X_p

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Энергетические
фотометрические
величины X_e –



– величины, определяющие
временное, пространственное,
спектральное распределение
энергии оптического излучения,
количественно выражаемые в
единицах энергии или мощности
или производных от них

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Фотонные
фотометрические
величины X_p –

– величины, количественно
выражаемые в безразмерных
единицах числа фотонов и
производных от него



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Редуцированные,
или эффективные
фотометрические
величины X_v –

— величины,
характеризующие
оптическое излучение по
его воздействию на
заданный селективный
приемник

Физические величины

СПРАВОЧНИК

Под редакцией
И. С. Григорьевой, Е. З. Мейлихова



МОСКВА
ЭНЕРГОАТОМБЕЛТАТ
1981



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Каждая из редуцированных фотометрических величин есть интеграл от произведения спектральной плотности $X_{e,\lambda}$ соответствующей фотометрической величины, характеризующей излучение, на относительную спектральную чувствительность $S(\lambda)$ данного приемника:

$$X_v = K \int_0^{\infty} X_{e,\lambda} S(\lambda) d\lambda$$

где K – переводной множитель от энергетических единиц к единицам, применяемым в данной системе редуцированных величин. В международную систему единиц (СИ) включены единицы только одного вида редуцированных величин – световых величин.

$$1 \text{ Ватт} = 683 \text{ лм} (\lambda = 555 \text{ нм})$$

$$K_m = 683 \text{ лм/ватт} (\lambda = 555 \text{ нм}).$$

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Энергетические фотометрические величины, размерности и единицы их измерения

Фотометрическая величина и ее обозначение	Формула-определение	Размерность величины	Единица измерения величины
1	2	3	4
Энергия излучения Q_e, W	-	$\dim Q_e = L^2MT^{-2}$	$[Q_e] = 1 \text{ Дж}$
Объемная плотность энергии излучения U_e	$U_e = dQ_e / dV$	$\dim U_e = L^{-1}MT^{-2}$	$[U_e] = 1 \text{ Дж/м}^3$
Поток излучения Φ_e, P	$\Phi_e = Q_e / \Delta t$	$\dim \Phi_e = L^2MT^{-3}$	$[\Phi_e] = 1 \text{ Дж/с} = 1 \text{ Вт}$
Сила излучения I_e	$I_e = d\Phi_e / d\Omega$	$\dim I_e = \frac{\dim \Phi_e}{\dim \Omega} = L^2MT^{-3}$	$[I_e] = \frac{[\Phi_e]}{[\Omega]} = 1 \text{ Вт/ср}$
Энергетическая светимость M_e	$M_e = d\Phi_e / dA$	$\dim M_e = MT^{-3}$	$[M_e] = 1 \text{ Вт/м}^2$

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Энергетические фотометрические величины, размерности и единицы их измерения

Фотометрическая величина и ее обозначение	Формула-определение	Размерность величины	Единица измерения величины
Облученность E_e	$E_e = d\Phi_e / dA$	$\dim E_e = \text{MT}^{-3}$	$[E_e] = 1 \text{ Вт/м}^2$
Пространственная облученность E_{0e}	$E_{0e} = \int dE_{i,e} = \int L_{i,e} d\Omega$	$\dim E_{0e} = \text{MT}^{-3}$	$[E_{0e}] = 1 \text{ Вт/м}^2$
Энергетическое освечивание	$\Theta_e = \int I_e dt$	$\dim \Theta_e = \text{L}^2 \text{MT}^{-2}$	$[\Theta_e] = 1 \text{ Дж/ср}$
Энергетическая экспозиция H_e	$H_e = \int E_e dt$	$\dim H_e = \text{MT}^{-2}$	$[H_e] = 1 \text{ Дж/м}^2$
Пространственная энергетическая экспозиция H_{0e}	$H_{0e} = \int E_{0e} dt$	$\dim H_{0e} = \text{MT}^{-2}$	$[H_{0e}] = 1 \text{ Дж/м}^2$
Энергетическая яркость L_e в точке поверхности и в заданном направлении	$L_e = dI_e / dA$	$\dim L_e = \text{MT}^{-3}$	$[L_e] = 1 \text{ Вт/(ср.м}^2\text{)}$
Интегральная энергетическая яркость	$\Lambda_e = \int L_e dt$	$\dim \Lambda_e = \text{MT}^{-2}$	$[\Lambda_e] = 1 \text{ Дж/(ср.м}^2\text{)}.$

Энергетические фотометрические величины, размерности и единицы их измерения

Фотометрическая величина и ее обозначение	Формула-определение	Размерность величины	Единица измерения величины
Спектральная плотность энергетической светимости $M_{e,\lambda}$	$M_{e,\lambda} = \frac{\langle M_e \rangle}{\Delta\lambda}$	$\dim M_{e,\lambda} =$ $\frac{\dim M_e}{\dim \lambda} = \frac{MT^{-3}}{L} = L^{-1}MT^{-3}$	$[M_{e,\lambda}] = 1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{м}).$
Спектральная плотность энергетической светимости по частоте $M_{e,f}$	$M_{e,f} = \frac{\langle M_e \rangle}{\Delta f}$	$\dim M_{e,f} = MT^{-2}$	$[M_{e,f}] = 1 \text{ Дж}/\text{м}^2$
Спектральная плотность облученности по длине волны $E_{e,\lambda}$	$E_{e,\lambda} = \frac{\langle E_e \rangle}{\Delta\lambda}$	$\dim E_{e,\lambda} = L^{-1}MT^{-3}$	$[E_{e,\lambda}] = 1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{м})$
Спектральная плотность облученности по частоте $E_{e,f}$	$E_{e,f} = \frac{\langle E_e \rangle}{\Delta f}$	$\dim E_{e,f} = MT^{-2}$	$[E_{e,f}] = 1 \text{ Дж}/\text{м}^2$
Спектральная плотность силы излучения по длине волны $I_{e,\lambda}$	$I_{e,\lambda} = \frac{\langle I_e \rangle}{\Delta\lambda}$	$\dim I_{e,\lambda} = LMT^{-3}$	$[I_{e,\lambda}] = 1 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{ср}).$
Спектральная плотность силы излучения по частоте $I_{e,f}$	$I_{e,f} = \frac{\langle I_e \rangle}{\Delta f}$	$\dim I_{e,f} = L^2MT^{-2}$	$[I_{e,f}] = 1 \text{ Дж}/\text{ср}$
Спектральная плотность энергетической яркости по длине волны $L_{e,\lambda}$	$L_{e,\lambda} = \frac{\langle L_e \rangle}{\Delta\lambda}$	$\dim L_{e,\lambda} = L^{-1}MT^{-3}$	$[L_{e,\lambda}] =$ $= 1 \text{ Вт}/(\text{ср} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м}).$
Спектральная плотность энергетической яркости по частоте $L_{e,f}$	$L_{e,f} = \frac{\langle L_e \rangle}{\Delta f}$	$\dim L_{e,f} = MT^{-2}$	$[L_{e,f}] =$ $= 1 \text{ Дж}/(\text{ср} \cdot \text{м}^2).$

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Световые фотометрические величины, размерности и единицы их измерения

Величина и ее обозначение	Формула-определение	Размерность	Единица измерения	
			Наименование	Обозначение
Световой поток Φ_v	$d\Phi_v = I_v d\Omega$	$\dim \Phi = J$	кандела-радиан, или люмен	$кд \cdot рад$, $лм$
Световая энергия Q_v	$Q_v = \int \Phi_v dt$	$\dim Q_v = TJ$	люмен-секунда	
Яркость L_v (в точке поверхности и в данном направлении)	$L_v = dI_v / dA$	$\dim L_v = L^{-2} J$	кандела на квадратный метр	$кд/м^2$
Светимость M_v в точке поверхности	$M_v = d\Phi_v / dA$	$\dim M_v = L^{-2} J$	люмен на квадратный метр	$лм/м^2$
Освещенность E_v (в точке поверхности)	$E_v = d\Phi_v / dA$	$\dim L_v = L^{-2} J$	люмен на квадратный метр, или люкс	$лм/м^2$, лк
Пространственная освещенность E_{0v}	$E_{0v} = \int dE_{i,v}$ $E_{0v} = \int L_v d\Omega$	$\dim L_v = L^{-2} J$	люмен на квадратный метр, или люкс	$лм/м^2$, лк
Освечивание Θ_v	$\Theta_v = \int I_v dt$	$\dim \Theta_v = TJ$	кандела-секунда	$кд \cdot с$

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

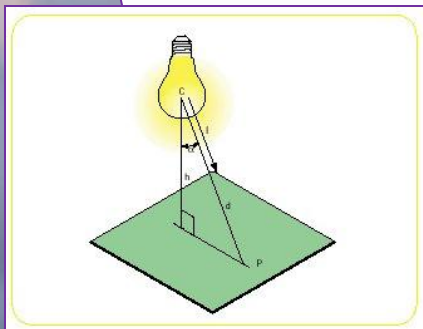
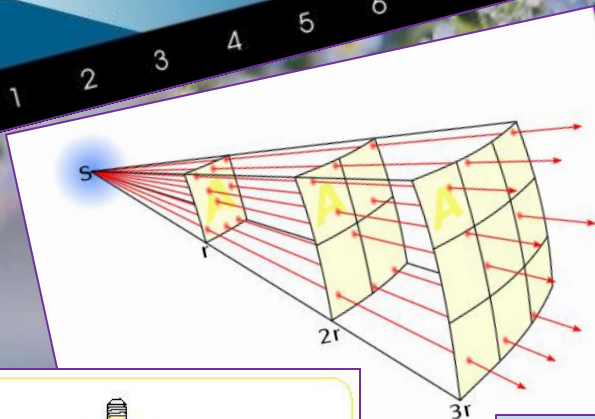
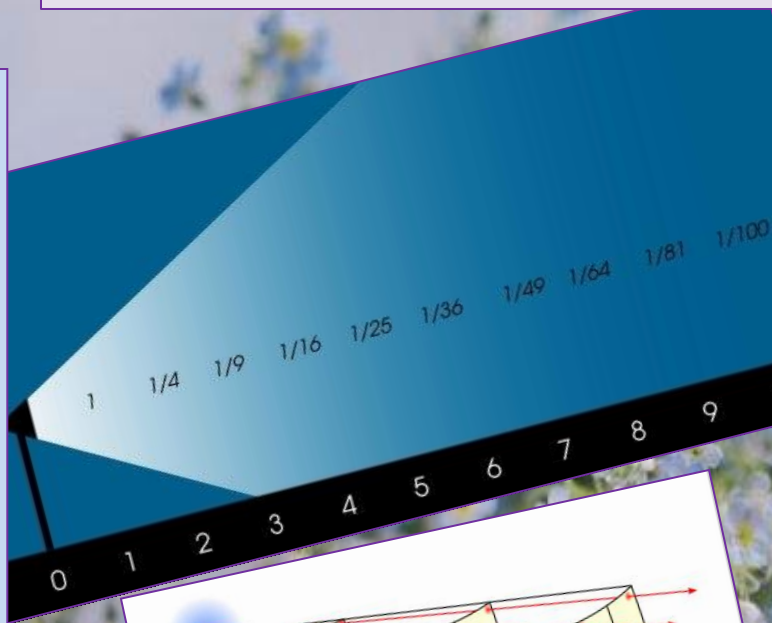
Световые фотометрические величины, размерности и единицы их измерения

Величина и ее обозначение	Формула-определение	Размерность	Единица измерения	
			Наименование	Обозначение
Световая экспозиция (экспозиция) H_v	$H_v = \int E_v dt$	$\dim H_v = L^{-2} T J$	люкс-секунда	$лк \cdot c$
Интегральная яркость Λ_v	$\Lambda_v = \int L_v dt$	$\dim \Lambda_v = L^{-2} T J$	кандела-секунда на квадратный метр	$кд \cdot c / м^2$
Объемная плотность световой энергии U_v	$U_v = dQ_v / dV$	$\dim U_v = L^{-3} T J$	люмен-секунда на кубический метр	$лм \cdot c / м^3$
Объемная плотность силы света I_{0v}	$I_{0v} = \frac{dI_v(\varphi, \vartheta)}{dV}$	$\dim I_{0v} = L^{-3} J$	кандела на кубический метр	$кд/м^3$
Эквивалентная яркость L_{eq}	-	$\dim L_v = L^{-2} J$	кандела на квадратный метр	$кд/м^2$

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Основные законы фотометрии



Фундаментальный **закон фотометрии** сформулирован немецким астрономом И. Кеплером в 1604 году:

освещённость E изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния r от точечного источника, характеризующегося силой света I ,

$$E = \frac{I}{r^2}$$

Фотометрическое расстояние – то расстояние, начиная с которого можно с достаточной степенью точности констатировать выполнение закона фотометрии. Обычно оно равно 7 – 10 линейным размерам светящейся поверхности.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

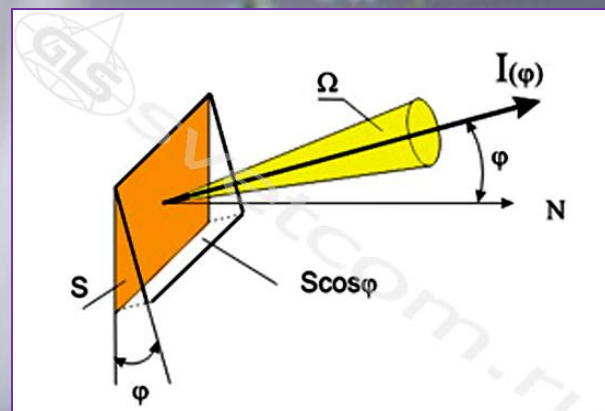
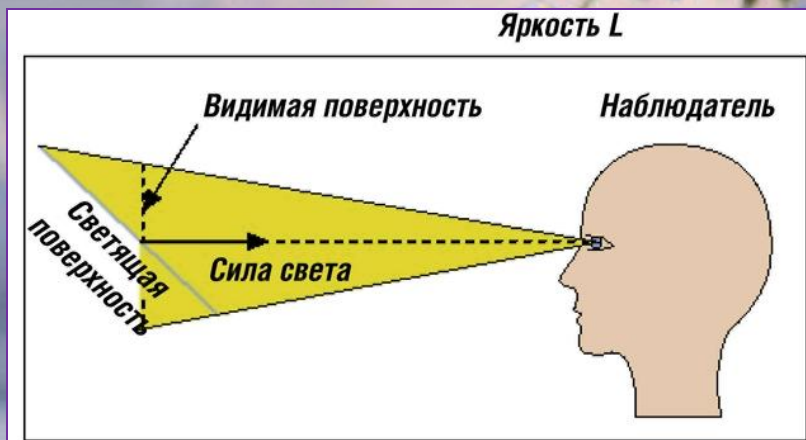
Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Закон Дж. Ламберта (немецкий учёный)

сформулирован в 1760 году: *яркость L рассеивающей свет (диффузной) поверхности одинакова во всех направлениях.*

Из закона Ламберта следуют простые соотношения между световыми величинами:

- светимостью M и яркостью L : $M = \pi L$;
- между силой света рассеивающей плоской поверхности в направлении нормали к ней (I_o) и под углом Θ (I_Θ): $I_\Theta = I_o \cos \Theta$



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Немногие реальные тела рассеивают свет без значительных отступлений от закона Ламберта даже в видимой области спектра (поверхности, покрытые окисью магния, серноокислым барием, гипс; молочное стекло, облака некоторых типов; абсолютно чёрное тело, порошкообразные люминофоры).

Тем не менее, закон Ламберта находит широкое применение не только в теоретических работах – как схема идеального рассеяния света, – но и для приближённых фотометрических и светотехнических расчётов.

Теоретическая фотометрия основывается на соотношении

$$d\Phi_e = L_e dG,$$

выражающем в дифференциальной форме закон квадратов расстояний. Здесь $d\Phi_e$ - дифференциал потока излучения элементарного пучка лучей, dG – дифференциал геометрического фактора, L_e – фотометрическая яркость излучения.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Фотометрические свойства вещества и тел характеризуются коэффициентом пропускания τ , коэффициентом отражения ρ и коэффициентом поглощения α , которые для одного и того же вещества связаны очевидным соотношением

$$\tau + \rho + \alpha = 1$$

которое соответствует закону сохранения энергии при взаимодействии света с веществом. Содержащиеся в формуле коэффициенты определяются через падающий поток Φ_o , прошедший поток $\Phi_{пр}$, отраженный поток $\Phi_{отр}$ и поглощенный поток $\Phi_{погл}$ следующими выражениями:

$$\tau = \Phi_{прош} / \Phi_o,$$

$$\rho = \Phi_{отр} / \Phi_o,$$

$$\alpha = \Phi_{погл} / \Phi_o.$$

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Фотометрические оптические приборы – это приборы для измерения световых потоков и величин, непосредственно связанных со световыми потоками: освещенности, яркости, светимости и силы света.

Фотометрические приборы	<i>Традиционно оптические фотометры</i>	Измеряемые характеристики имеют <i>чувствительность, соответствующую чувствительности человеческого глаза</i>	Градуируются с использованием единиц системы <i>световых величин</i>
	<i>Фотометры энергетических фотометрических величин</i>	Характеристики измеряются <i>безотносительно к чувствительности глаза человека</i>	Градуируются с использованием единиц системы <i>энергетических величин</i>

Механический эквивалент света есть мощность светового потока на длине волны 555 мкм, равная 1 Ватту механической энергии:

$$1 \text{ Ватт} = 683 \text{ лм} (\lambda = 555 \text{ нм})$$

$$K_m = 683 \text{ лм/ватт} (\lambda = 555 \text{ нм}).$$

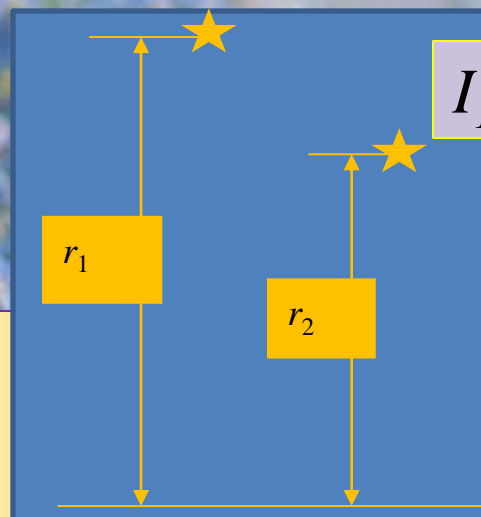
ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Измерение силы света



В приборах для измерения силы света используется закон измерения освещенности в зависимости от расстояния. Сила света какого-либо источника измеряется сравнением (компарированием) освещенности, создаваемой этим источником с освещенностью, создаваемой источником с известной силой света I .



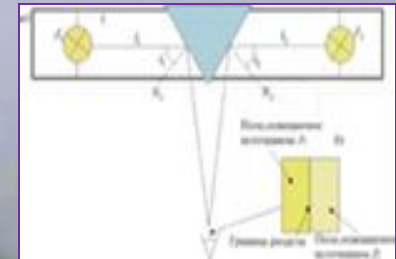
$$I_1 / r_1^2 = I_2 / r_2^2$$

$$I_2 = I_1 \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2$$

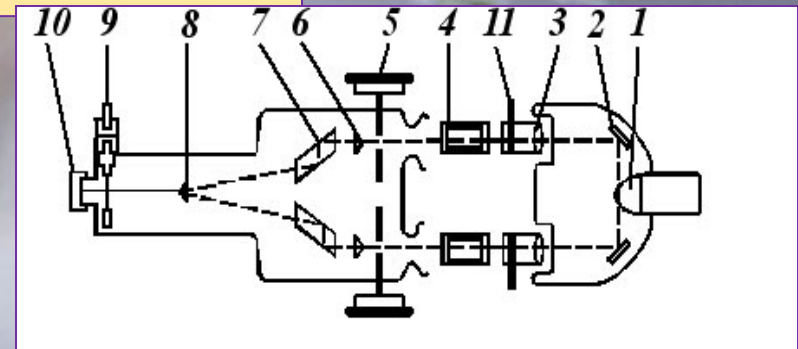
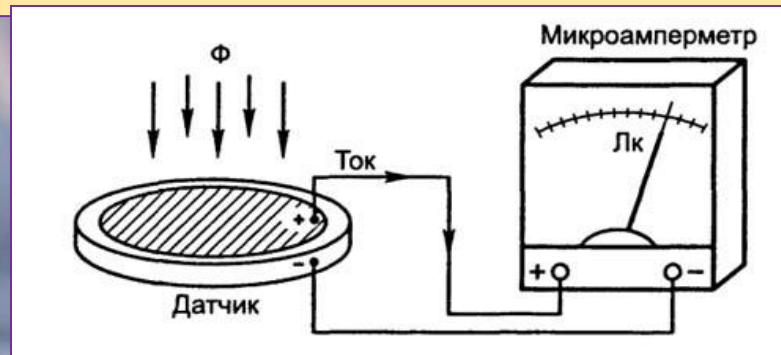
Существует достаточное количество различных реализаций этого метода как по компарированию ламп с различным спектральным составом излучения, так и с различными интенсивностями. Вместо фотоприемника часто используют какое-либо визуальное устройство, и равенство освещенностей фиксируют без измерений фототоков.

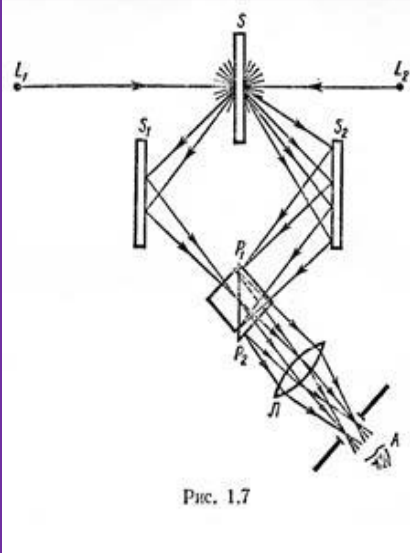
ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Ощущение яркости является монотонной функцией энергии падающего света. Следовательно, если два различных источника света, одинаковых по спектральному составу, вызывают в глазу одинаковые ощущения яркости, то они посылают в глаз одинаковые энергии. Этот факт лежит в основе так называемых *визуальных фотометров равной яркости*. В фотометрах равной яркости две граничащие площадки освещаются каждая отдельным источником. Изменяя расстояние до одного из источников, добиваются одинаковой освещенности прилегающих друг к другу полей. В этом случае каждый из источников посылает на единицу поверхности освещаемого им поля одинаковый поток энергии. Исходя из этого, с помощью визуальных фотометров можно определить силу света некоторого источника в данном направлении, если известна сила света другого источника, принятого в качестве эталона.

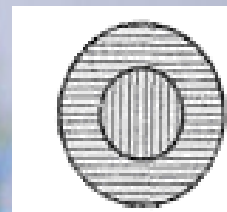
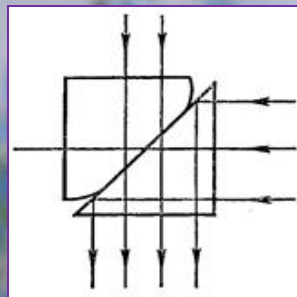


Фотометр
Бунзена





ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

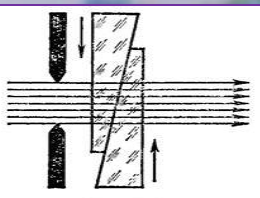


$$I_1 / r_1^2 = I_2 / r_2^2$$

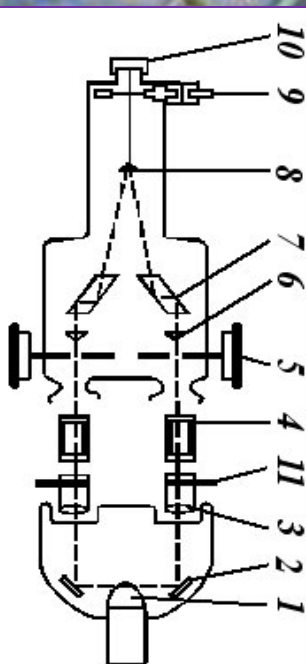
Более совершенным *визуальным фотометром* является **фотометр Люммера-Бродхуна**. Он состоит из кубика Люммера (P_1P_2), зеркал S_1 и S_2 , экрана S , диффузно рассеивающего свет, и лупы $Л$. Кубик Люммера-Бродхуна состоит из двух прямоугольных призм. Соприкасающаяся поверхность одной из призм «выполнена так, чтобы средняя часть ее находилась в полном оптическом контакте со второй призмой, другими словами, соприкасающиеся части призм ведут себя как однородное тело. Лучи, исходящие от источника L_1 пройдя через центральную контактную часть призм, попадают в приемник. Лучи, исходящие из источника L_2 , направляются так, чтобы они падали на внутреннюю поверхность первой призмы P_1P_2 под углами, большими 45° (предельного угла на границе воздух — стекло). При соблюдении этого условия лучи, падающие на неконтактирующую часть поверхности первой призмы, претерпевая полное внутреннее отражение, попадут в приемник. Таким образом, наблюдатель увидит площадку, центральная часть которой освещена источником L_1 , а края — источником L_2 . Освещенности центральной части и края наблюдаемой картины будут одинаковыми (исчезает граница раздела между ними), если обе поверхности экрана S будут освещены одинаково. По достижении такой одинаковой освещенности можно вычислить отношение силы света источников L_1 и L_2 , измеряя расстояния L_1S и L_2S .

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Разные методы отличаются друг от друга способами ослабления освещенности, создаваемой более сильными источниками. В одном из методов измерения применяются ослабители переменной толщины.



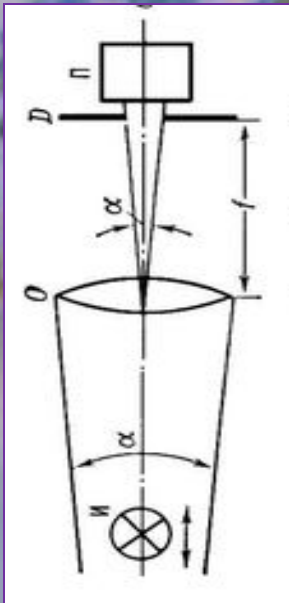
Клинообразные ослабители способны скользить по соприкасающимся поверхностям друг относительно друга. При этом меняется толщина области, через которую проходит излучение от более сильного источника. Достигнув нужной толщины, где происходит поглощение, можно добиться необходимой освещенности рассматриваемой поверхности. Очевидно, что применяемые ослабители должны быть нейтральны к белому свету, т. е. они должны в одинаковой степени поглощать свет различной длины волны. К ослаблению освещенности приводит также использование на пути светового пучка вращающегося диска с векториальным вырезом (при вращении диска непрозрачная часть, периодически закрывая путь свету, ослабляет его интенсивность)



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение силы света

Измерение силы света *мощных источников* или *при большом расстоянии от источника света до фотоприемника* реализуют **телеметрическим методом**. Сущность этого метода основана на выделении и измерении светового потока $\Delta\Phi$, распространяющегося от источника в пределах малого телесного угла $\Delta\omega$ и определения таким образом силы света в соответствующем направлении.



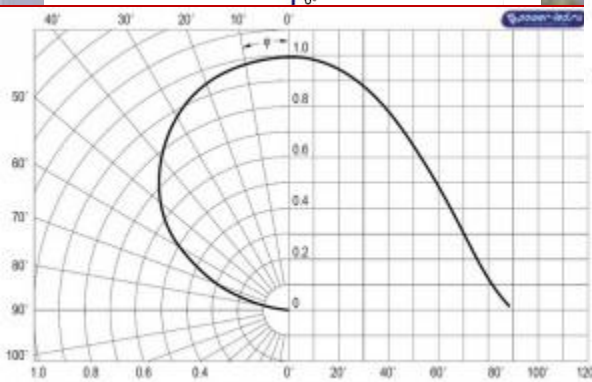
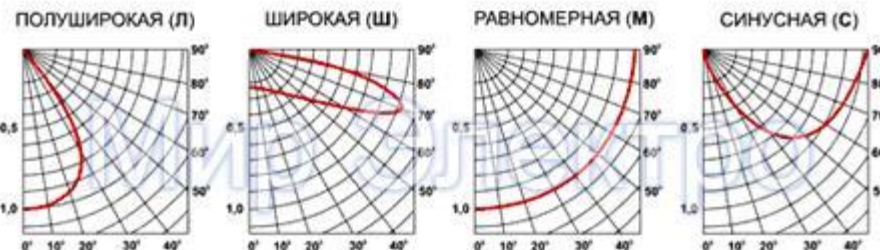
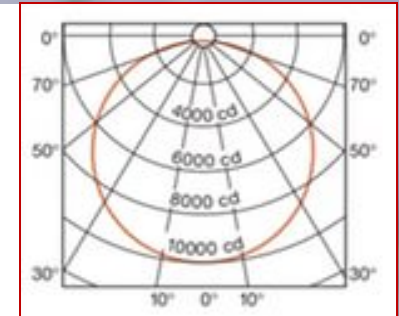
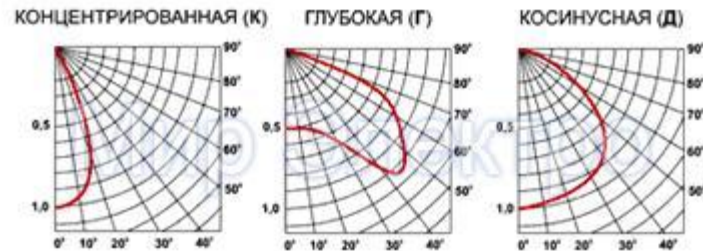
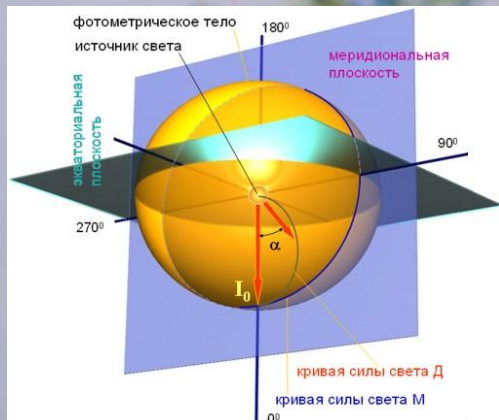
Излучение источника И, силу света которого надо определить, падает на положительную линзу Л, оптическая ось которой совпадает с направлением измеряемой силы света. В фокальной плоскости F устанавливается диафрагма D с отверстием S площадью δ . Телесный угол, в пределах которого лучи, падающие на линзу Л, достигнут фотоэлемента, равен $\Delta\omega = \delta/f^2$, где f - фокусное расстояние линзы. Фототок в цепи фотоэлемента должен быть пропорционален световому потоку $\Delta\Phi$, используемому в пределах постоянного для данного прибора телесного угла $\Delta\omega$. В этом случае фототок равен

$$i = C\Delta\Phi = CI \cdot \Delta\omega = K \cdot I,$$

где K - постоянный коэффициент, I - искомая сила света. Коэффициент K определяется при градуировке, и шкала электроизмерительного прибора градуируется непосредственно в единицах силы света - в канделах или в ваттах настерадиан.

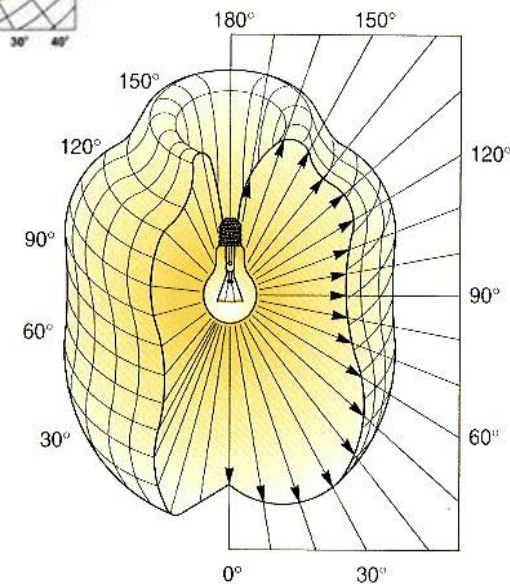
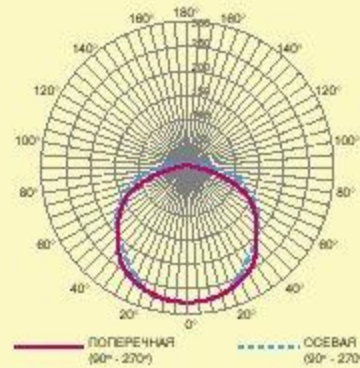
ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света



Вид «косинусной» КСС в полярных и декартовых координатах

Радиальная диаграмма (кд/1000 лм)



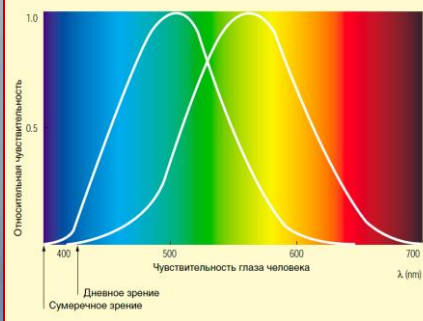
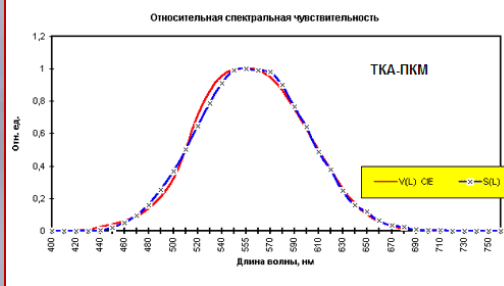
ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение освещенности

Принцип работы люкметров предельно прост: он основан на работе фотоприемника, преобразующего световую энергию в электрический ток.



Уровень освещённости является одним из основных параметров при проведении аттестации рабочих мест, при экологическом контроле и при оценке степени комфортности помещений. Для решения этих задач применяют специальный прибор, измеряющий освещённость - люксметр.



Единица измерения освещённости – люкс (лк), отражает количество светового потока, падающего на единицу поверхности. В Англии и США освещённость измеряют в фут-свечах (fc) — один люмен на квадратный фут ($1 \text{ fc} = 10,76 \text{ лк}$); в некоторых странах в «фотах» (фот) — один люмен на квадратный сантиметр ($1 \text{ фот} = 10000 \text{ лк}$).

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение освещенности

Люксметры по принципиальной схеме являются наиболее простыми из всех фотометрических приборов. Фотоэлектрические люксметры состоят, как правило, из фотоэлемента и чувствительного электроизмерительного прибора. *Необходимым условием правильности показаний люксметра является соответствие спектральной чувствительности фотоприемника функции видности человеческого глаза*, т. е. максимальная чувствительность должна быть в желто-зеленой области со спадом в ультрафиолетовую (до 380 нм) область и в инфракрасную (более 760 нм) область.

Так как площадь фотоприемника строго фиксирована, сигнал с него пропорционален освещенности, и шкала прибора, соответственно, может быть проградуирована в люксах.

Люксметры, состоящие из фотодиода, корректирующего светофильтра и микроамперметра, широко применяются инженерами по освещению и другими специалистами для повседневных фотометрических измерений всех видов в заводских лабораториях, если приемлема точность 1–2%, а сила света достаточно велика.

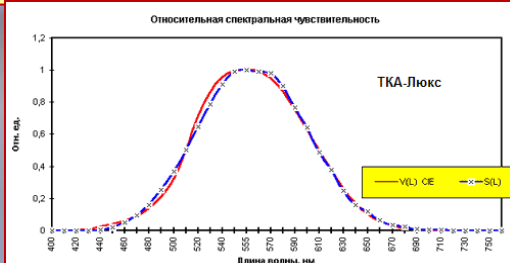
Высота подвеса, м	Освещённость, люкс	Площадь засветки, м2
0,5	4076	0,79
1,0	1019	3,14
1,5	453	7
2,5	163	19,6
3,0	113	28,3
4,0	64	50
5,0	41	78,5
6,0	28	113
8,0	16	201

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности



Люксметр "ТКА-ЛЮКС"



Предназначен для измерения освещённости в видимой области спектра (380 – 760) нм, создаваемой различными источниками, произвольно пространственно расположенными.

Диапазон измерений освещённости 1,0 – 200 000 лк

Основная относительная погрешность измерений освещённости (не более) 6,0 %

Пределы допускаемой относительной погрешности, вызванной нелинейностью чувствительности прибора (не более) 2,0 %

Пределы допускаемой относительной погрешности, вызванной отклонением относительной спектральной чувствительности от относительной спектральной световой эффективности (не более) 4,0 %

Пределы допускаемой относительной погрешности, вызванной отклонением градуировки (не более) 3,0 %

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности



Люксметр "ТКА-ЛЮКС"

Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности, вызванной пространственной характеристикой фотометрической головки люксметра (не более) при углах:

5 градусов	15 градусов	30 градусов	60 градусов
$\pm 0,5 \%$	$\pm 1,0 \%$	$\pm 5,0 \%$	$\pm 15,0 \%$

Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерения, вызванной изменением температуры окружающего воздуха на каждые 10°C (не более) $\pm 3,0 \%$

Условия эксплуатации прибора

Температура окружающего воздуха от 0 до $+40^\circ\text{C}$

Относительная влажность воздуха при температуре окружающего воздуха 25°C до 85%

Атмосферное давление $84 \div 106,7$ кПа

Габаритные размеры прибора

Измерительный блок (не более) $155 \times 77 \times 40$ мм

Фотометрическая головка (не более) $\varnothing 36 \times 21$ мм

Масса прибора (не более) $0,4$ кг

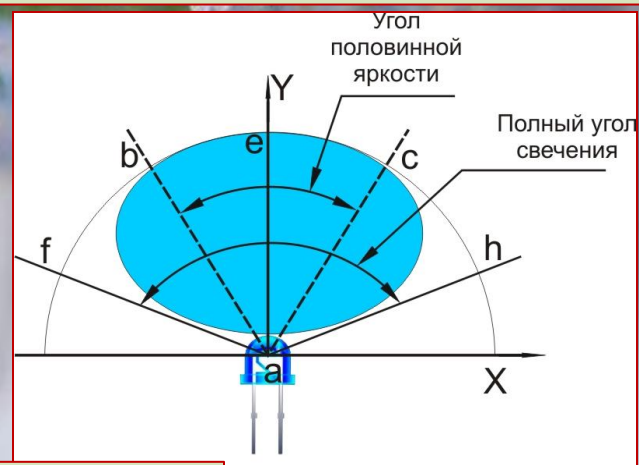
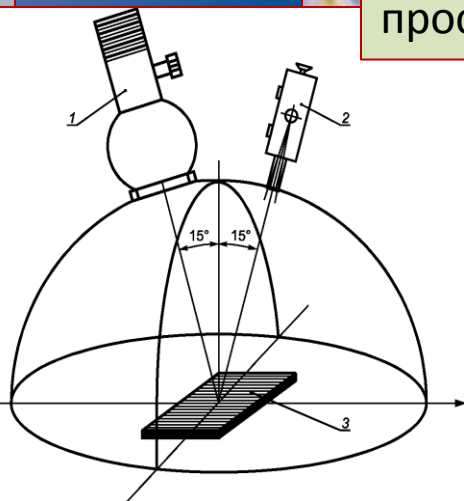
Элемент питания - типоразмер батареи «Крона» 9 В

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света



Яркость – это фотометрическая величина, характеризующая излучательную способность источника света в данном направлении. Яркость цвета – важный элемент любого дизайна, влияющий на восприятие в целом, удобочитаемость текста, эмоциональное восприятие. Во многом именно яркость определяет пространственное восприятие изображения.



Коэффициент яркости поверхности определяется как отношение яркости этой поверхности, рассматриваемой под данным направлением, к яркости белой диффузно отражающей поверхности, равномерно освещенной тем же источником и рассматриваемой под тем же направлением.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение яркости

Яркость света равна отношению силы света в конкретном направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную оси наблюдения. Единица измерения яркости – кандел на квадратный метр (кд/м²). Яркость характеризует пространственное и поверхностное распределение светового потока.



СВЕТЯТ **ТАК ЖЕ ЯРКО**,
ПОТРЕБЛЯЮТ В **ПЯТЬ РАЗ МЕНЬШЕ!**



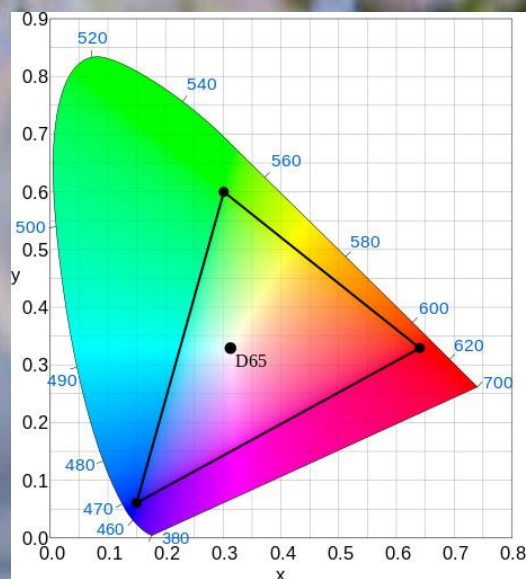
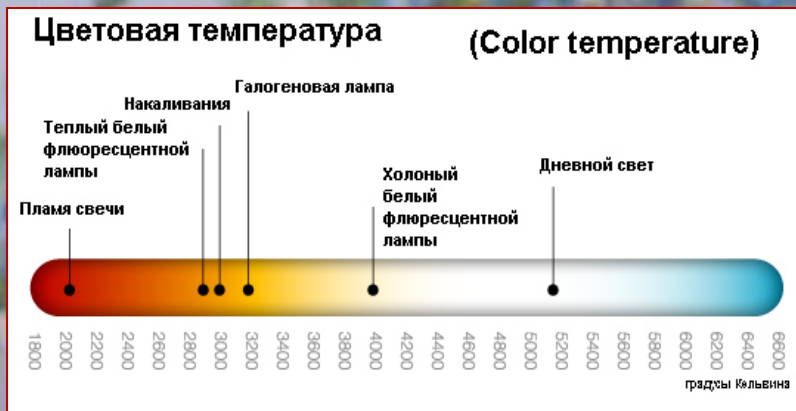
9W	45W
11W	55W
13W	65W
15W	75W
22W	110W
26W	130W

≈



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света



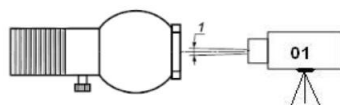
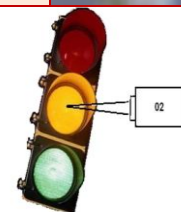
Свет, генерируемый источником, должен иметь такое спектральное распределение плотности энергетической яркости, которое обеспечивало бы однозначное присвоение ему того или иного цвета.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

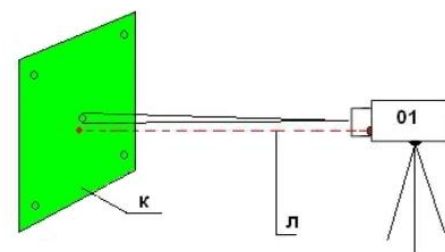
Измерение яркости

Яркомеры накладного типа используют для измерения плоских протяжённых самосветящихся объектов, например, для измерения яркости плоских светильников или мониторов

Яркомер проекционного типа имеет оптическую схему, позволяющую вырезать телесный угол обследуемого объекта и спроецировать этот фрагмент объекта на фотодатчик. Приборами этого типа можно измерять яркость удалённых объектов (фонарей, потолочных светильников, сигнальных индикаторов) сложной формы, а также яркость несамосветящихся объектов — отражающих стен, экранов кинотеатров, дорожных знаков и других подобных объектов. Сфера применения проекционного яркомера гораздо шире, чем у накладного, но у него гораздо сложнее конструкция и намного выше цена.



1 - протяженный ИС



К - киноэкран, Л - лазер

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Яркомер - фотометр для измерения яркости



Измеритель яркости преобразует световой поток, создаваемый естественным или искусственным источником освещения, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный уровню освещенности. Эта информация выводится на табло прибора для измерения яркости в виде цифрового значения

Яркомер
Konica Minolta
LS-100/LS-110

Яркомеры LS-100 и LS-110 — это компактные лёгкие приборы для измерения яркости источников света или отражающих поверхностей. Приборы позволяют проводить измерения яркости в кд/кв.м или fL (фут-ламберт). Применяемая в данных приборах SRL оптическая система обеспечивает точное наведение на объект и гарантирует, что изображение в видоискателе полностью соответствует области измерения. Оптическая система прибора снижает блики, таким образом источники света вне определенной области измерения не оказывают влияния на результаты измерения.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение яркости и цвета

Яркомер-колориметр CS-200 – измерительное устройство спектрального типа; предназначен для измерения яркости и цвета различных светоизлучающих устройств: крупных плазменных панелей, компактных ЖК-дисплеев и светодиодных устройств, уличных экранов, газоразрядных ламп высокого давления и индикаторных панелей приборов. Методом спектральной коррекции обеспечено совмещение дифракционного спектра с линейной фотодиодной матрицей из 40 элементов. Обеспечена чувствительность, близкая к чувствительности человеческого глаза. Апертурным зеркалом устраняется несоосность прицела видоискателя и точки фактического измерения.

Возможен выбор одного из трех **углов измерения**: 1° , $0,2^\circ$ и $0,1^\circ$.

Диапазон измерений яркости от $0,01 \text{ кд/м}^2$ до $20\,000\,000 \text{ кд/м}^2$.

Может работать как от батарей, так и от адаптера сети переменного тока. **Время измерения** от 0,5 до 60 секунд. Масса прибора 1,8 кг.

Прибор оснащен USB-интерфейсом, обеспечивающим обмен данными с любым USB-совместимым устройством. Поставляется с программным обеспечением, позволяющим использовать персональный компьютер для управления прибором и отображения результатов измерений в цифровой и графической форме.



**Яркомер-
колориметр
Konica Minolta
CS-200**

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение освещенности и яркости



Люксметр + яркомер "ТКА-ПКМ"(02)

Предназначен для измерения яркости протяжённых самосветящихся объектов накладным методом (экранов мониторов) и освещённости в видимой области спектра (380 ÷ 760) нм.

Основные технические характеристики

Диапазон измерений освещённости

10 ÷ 200 000 лк

Основная относительная погрешность измерений освещённости

± 8,0 %

Диапазон измерений яркости
000 кд/м²

10 ÷ 200

Основная относительная погрешность измерений яркости

± 10,0 %

Сколько люмен Вам нужно?

Яркость





220+

400+

700+

900+

1300+

 Светодиодная	2,5Вт	4 Вт	8 Вт	9 Вт	16 Вт
 Люминисцентная	6 Вт	9 Вт	12 Вт	15 Вт	20 Вт
 Галоген	18 Вт	28 Вт	42 Вт	53 Вт	70 Вт
 Стандарт	25 Вт	40 Вт	60 Вт	75 Вт	100 Вт

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение освещенности и яркости

Условия эксплуатации прибора

Температура окружающего воздуха от 0 до +50 °С

Относительная влажность воздуха при температуре окружающего воздуха 25 °С до 98 %

Атмосферное давление 80 ÷ 110 кПа

Габаритные размеры

Измерительный блок (не более) 125 x 70 x 28 мм

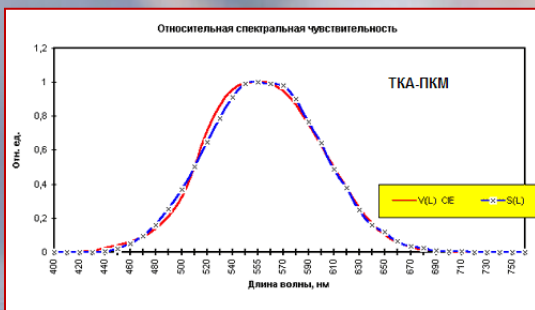
Фотометрическая голова (не более) 155 x 46 x 53 мм

Масса прибора (не более) 0,43 кг

Элемент питания - типоразмер батареи «Крона» 9 В



**Люксметр + яркомер
"ТКА-ПКМ"(02)**



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Комбинированные приборы

При создании фотометров для измерения энергетической освещенности в ультрафиолетовой или в инфракрасной областях в приборы устанавливаются светофильтры, выделяющие определенный участок спектра излучения. Например, в переносных фотометрах отечественной фирмы ТКА есть возможность установки трех поддиапазонов ультрафиолетового излучения: так называемая зона А от 400 нм до 314 нм, зона В с диапазоном от 314 до 280 нм и зона С с диапазоном от 280 до 200 нм.



**Люксметр + УФ-радиометр
"ТКА-ПКМ"(06)**

Предназначен для измерения освещенности в видимой области спектра (380 ÷ 760) нм и энергетической освещенности в области спектра (280 ÷ 400) нм — УФ-(А+В).

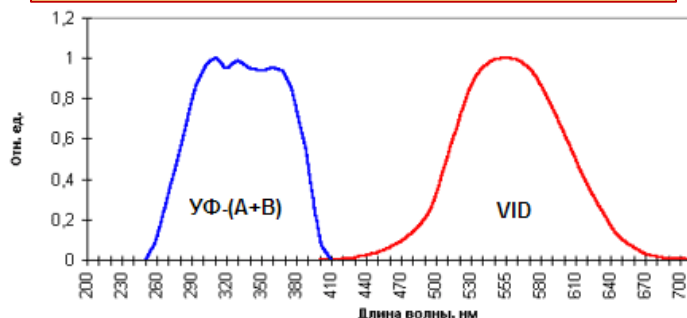
Основные технические характеристики

Диапазон измерений освещенности 10 ÷ 200 000 лк

Основная относительная погрешность измерений освещенности ± 8,0 %

Диапазон измерений энергетической освещенности 10 ÷ 60 000 мВт/м²

Основная относительная погрешность измерений энергетической освещенности ± 10,0 %



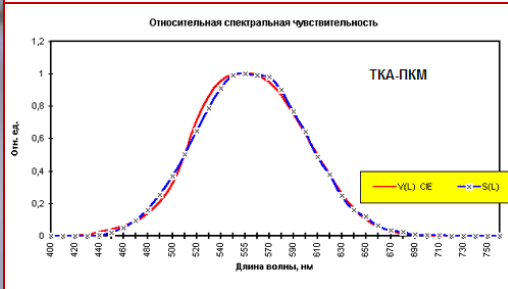
ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Комбинированные приборы

Люксметр + пульсметр "ТКА-ПКМ"(08)



Предназначен для измерения коэффициента пульсации освещённости, создаваемой различными произвольно пространственно расположенными источниками, и освещённости в видимой области спектра (380 – 760) нм.



Прибор имеет автоматическую смену диапазонов, реализована функция HOLD, пониженное энергопотребление, графический индикатор с подсветкой. Возможность вырезания естественного фона освещения. В приборе реализована уникальная возможность определения значений освещённости *в режиме реального времени* и вычислению точных значений коэффициента пульсации освещённости по специальной программе.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Комбинированные приборы

Люксметр + пульсметр + яркомер "ТКА-ПКМ"(09)



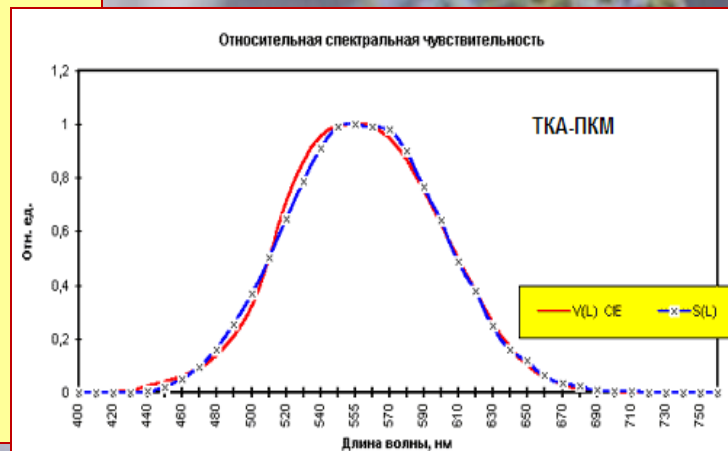
Предназначен для измерения коэффициента пульсации источников излучения, яркости протяжённых самосветящихся объектов накладным методом (экранов мониторов) и освещённости в видимой области спектра (380 760) нм, с выводом информации на ПК (через USB).

Диапазон измерений освещённости $10 \div 200\,000$ лк
Основная относительная погрешность измерений освещённости $\pm 8,0\%$

Диапазон измерений яркости $10 \div 200\,000$ кд/м²
Основная относительная погрешность измерений освещённости, яркости $\pm 8,0\%$

Диапазон измерений коэффициента пульсации освещённости $1 \div 100\%$

Основная относительная погрешность измерений коэффициента пульсации $\pm 10\%$



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Трехканальный УФ-радиометр "ТКА-ПКМ"(12)

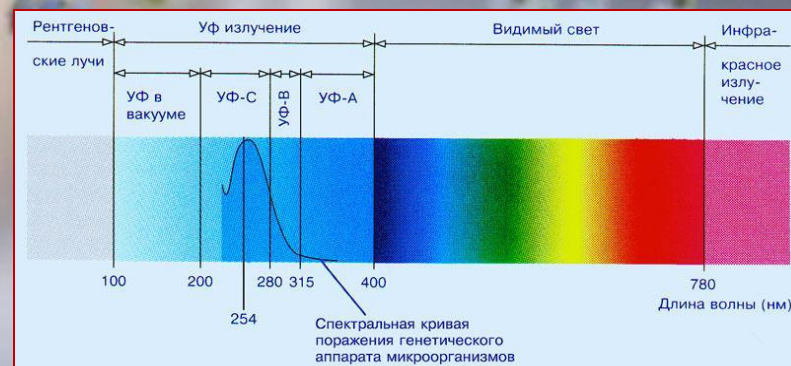
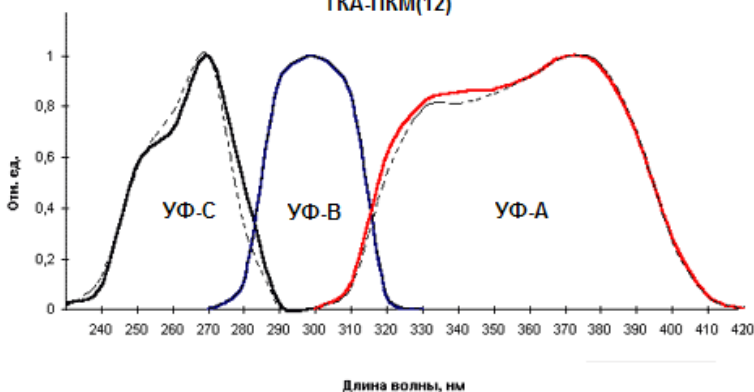


Предназначен для отдельного измерения энергетической освещённости в областях УФ-спектра: (200 ÷ 280) нм — зона УФ-С; (280 ÷ 315) нм — зона УФ-В; (315 ÷ 400) нм — зона УФ-А.

Диапазоны измерений энергетической освещённости: в зоне УФ-С 1,0 ÷ 20 000 мВт/м²; в зонах УФ-А, УФ-В 10 ÷ 60 000 мВт/м²

Основная относительная погрешность измерений энергетической освещённости (не более) ± 10,0 %

Относительная спектральная чувствительность
ТКА-ПКМ(12)



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Трехканальный УФ-радиометр "ТКА-ПКМ"(12)



Погрешность нелинейности энергетической характеристики (не более) $\pm 3,0 \%$

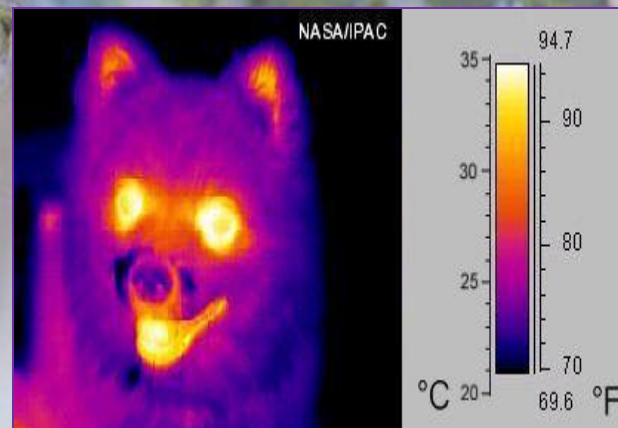
Погрешность, обусловленная пространственной характеристикой фотометрической головки прибора, в диапазоне от 0° до 10° (не более) $\pm 4,0 \%$

Погрешность градуировки по источнику УФ излучения - ртутной лампе высокого или низкого давления (не более) $\pm 5,0 \%$

Угол поля зрения: в зоне УФ-А $\pm 30,0^\circ$;

в зоне УФ-В $\pm 25,0^\circ$; в зоне УФ-С $\pm 20,0^\circ$

При работе с трубчатыми лампами, угловые параметры которых превышает 150° , необходимо умножить измеренное значение на дисплее устройства на соответствующее значение поправочного коэффициента K , чтобы избежать систематических ошибок измерения. Значения коэффициента K в техническом описании прибора приведены в таблице.



Изображение в ИК свете

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

ИК-радиометры

Приборы для измерений энергетических потоков в инфракрасной области называют радиометрами, так как они, как правило, *измеряют суммарный поток инфракрасного излучения*. Поскольку связь общей энергии теплового излучения с температурой дается законом Стефана-Больцмана, показания спектрофотометров зависят от того, какой источник света освещает данный объект.

В большинстве случаев приборы градуируются для освещения лампами накаливания, т. н. Источник типа А. Если объект освещен другими типами источников, например люминесцентными лампами или ртутными дуговыми лампами, то показания по шкале люксметра можно исправить с помощью поправочного коэффициента N , на который нужно умножить результат, чтобы найти правильное значение измеряемой освещенности. Значения поправочного коэффициента N для наиболее часто используемых источников света приведены в таблице.

Цветовая температура источника света, К	2360	2856	3100	3250	3400	4800	5800
Поправочный коэффициент, N	1,003	1,00	0,99	0,975	0,973	0,843	0,78

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Спектрорадиометр Konica Minolta CS-2000A

Лучший в мире *прибор для анализа сверхслабых источников света* до $0,0005 \text{ Кд/м}^2$ и контрастности до $1000000:1$. Благодаря возможности изменения угла измерения можно анализировать как весь объект в целом, так и каждый светоизлучающий элемент, например субпиксель дисплея. *Минимальный диаметр зоны измерения 0,1 мм.*

Идеальный прибор для высокоточных измерений светодиодов, дисплеев на органических светодиодах, разнообразных светоизлучающих устройств и дисплеев высокого разрешения, соответствующий потребностям и стандартам современного производства.

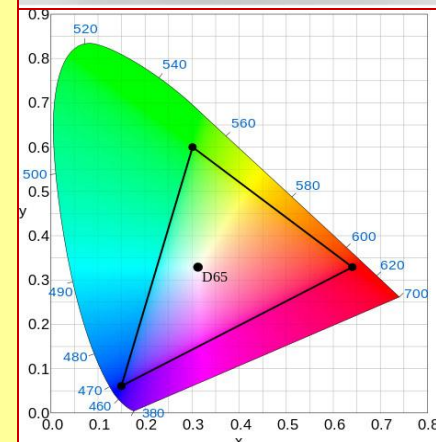
Спектрорадиометр Konica Minolta CS-2000A обеспечивает результаты, соответствующие визуальной оценке человеком, учитывая особенности чувствительности глаза и изменение восприятия цвета в условиях низкой освещенности, что позволяет также использовать прибор в исследовательской медицине, физиологии, различных отраслях науки.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Спектрофотометры для измерения параметров освещения

Спектрофотометр CL-500A предназначен для измерения *спектра источников света и отраженного света*. Расширенный диапазон длин волн спектрофотометра (от 360 до 780 нм) охватывает не только видимый спектр, но и ближний ультрафиолетовый и инфракрасный диапазоны. Спектрофотометр производит до 5 измерений в секунду. Результаты измерений отображаются в виде графика интенсивности спектрального излучения. На основании распределения спектральной энергии прибор *автоматически рассчитывает освещенность, преобладающую длину волны, чистоту возбуждения, колориметрические параметры, индекс цветопередачи (Ra), коррелированную цветовую температуру и группу цветовой температуры (Bin)*. Спектрофотометр CL-500A может использоваться в качестве датчика в фотометрической сфере, для измерения общего светового потока светодиодных, люминесцентных, газоразрядных ламп и других источников света с неоднородным или линейчатым спектром, для корректной оценки которых необходимы спектральные данные. CL-500A является первым спектрофотометром, полностью соответствующим одновременно двум стандартам: DIN 5032 Part 7 Class B и JIS C 1609-1:2006 General Class AA.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

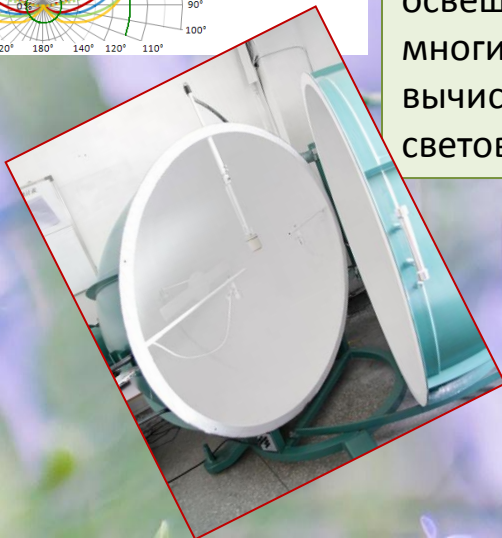
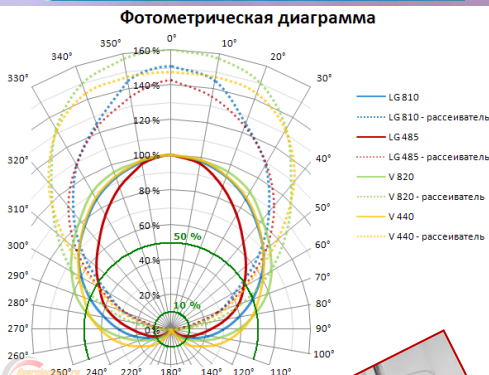
Методы измерения полного светового потока

Гониометрический

Гониометр – это приспособление, посредством которого можно измерять освещенность, создаваемую лампой, в любом желаемом направлении. После измерения освещенности во многих направлениях, вычисляют полный световой поток.

Интегрирующей сферы Ульбрихта

Интегрирующая сфера – полый шар, выкрашенный изнутри матовой белой краской. Внутри сферы подвешивают: лампу или арматуру с экраном, закрывающим ее со стороны небольшого окошка из опалового стекла (его освещенность измеряется); эталонную лампу, для которой световой поток точно измерен посредством гониофотометра, закрытую экранами со стороны первой лампы и окошка. Освещенность окошка при включении одной из ламп пропорциональна ее полному световому потоку (поправки нужны, если лампы имеют разные размеры или форму или заметно различаются цветом испускаемого света).



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

За окошком снаружи расположен фотометр, который сравнивает полные световые потоки двух ламп, включаемых по очереди.



Для измерения светового потока проводят измерения освещенности внутренней поверхности белого матового шара. Если в фотометрическом шаре между источником света, поток от которого нужно измерить, и фотоприемником установить экран Э, то освещенность в точке расположения фотоприемника пропорциональна полному световому потоку:

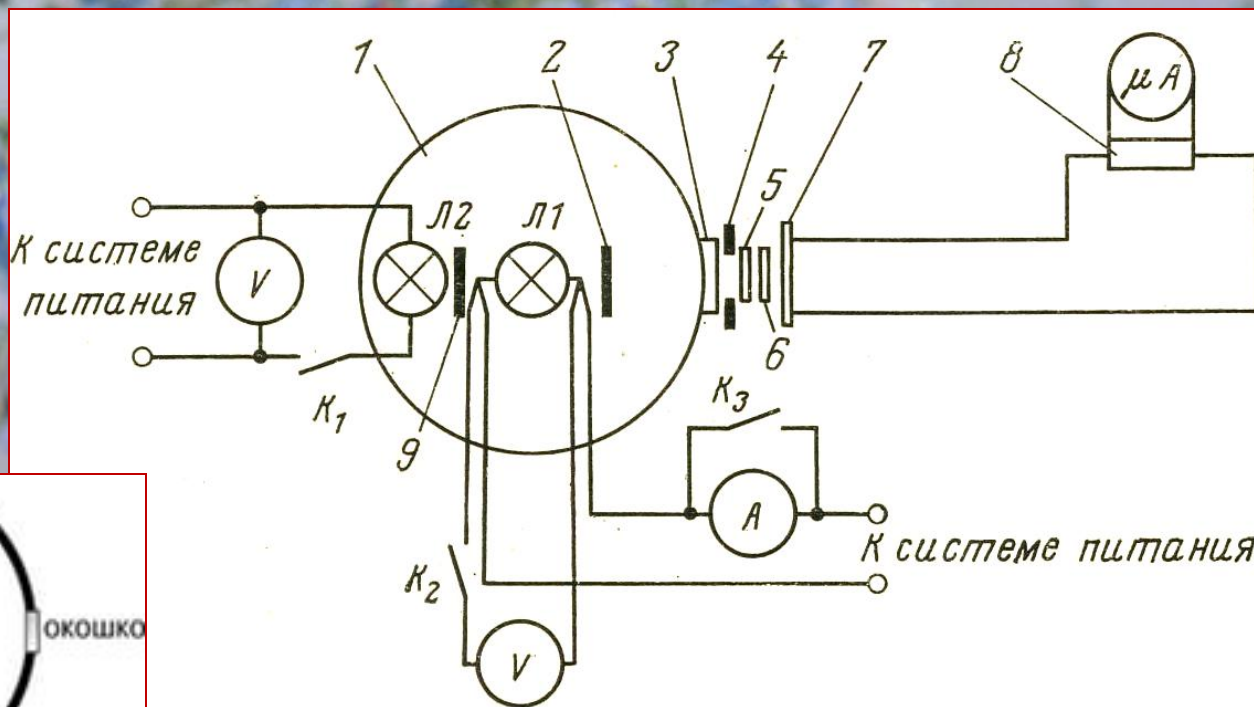
$$E = \frac{\rho}{1 - \rho} \cdot \frac{\Phi}{4\pi r^2} = a\Phi,$$

где ρ - коэффициент отражения внутренней поверхности шара; r - радиус шара; a - фотометрическая константа шара - коэффициент пропорциональности между величиной светового потока от источника и освещенностью поверхности фотоприемника. В большинстве практических случаев коэффициент a определяется экспериментально при измерении светового потока источника с известными значениями полного светового потока.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света



Световой поток измеряют путем поочередного сравнения освещенностей фотометрического отверстия, обусловленных каждым из источников: эталонным и исследуемым

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света



**Измеритель
светового потока
"ТКА-КК1"**

Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков. Диаметр сферы 140 мм, приёмник света – фотодиод, размещённый в нижней полусфере. Измерительный блок выполнен в виде шара на жёстком основании, шар является "интегрирующей сферой". В нём имеется входной тубус для установки светодиодов диаметром до 14 мм и сменных диафрагм, входящих в комплект, для позиционирования светодиодов диаметрами 3, 5, 9 мм. Интегрирующая сфера внутри окрашена белой, диффузно отражающей краской с коэффициентом отражения $\rho = 96 \%$.

Диапазон измерений светового потока 1 2 000 лм

Основная относительная погрешность измерений светового потока 10,0 %

Габаритные размеры прибора: измерительный блок (не более) 155 x 77 x 40 мм; измерительный шар (не более) 180 x 180 x 180 мм; диаметр входного окна под светодиод (не более) 20,0 мм; Масса прибора (не более) 2,0 кг.

Элемент питания - типоразмер батареи «Крона» 9 В

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

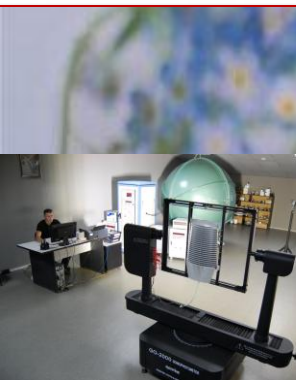
Измеритель светового потока "ТКА-КК1"

Как измерить световой поток

Простой способ измерения светового потока, подходит для приближенной оценки светового потока большинства светильников или светодиодных модулей.

Большинство бытовых и офисных матовых светильников имеют круглосимметричную «косинусную» кривую силы света (КСС) в нижней полусфере, то есть в направлении фотометрической оси (ориентация светильника — основной поток света вниз).

Для измерения светового потока требуется: рулетка до 3 метров и цифровой люксметр для измерения освещенности. Измерение лучше всего проводить в большой комнате с темными стенами, при отсутствии естественного освещения и выключенных посторонних источниках света. Измерительный датчик люксметра располагают на расстоянии 2,5 метра от центра стекла (рассеивателя) светильника. Для первого измерения плоскость стекла светильника должна быть перпендикулярна направлению на люксметр.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измеритель светового потока "ТКА-КК1"

Как измерить световой поток

Для второго измерения можно повернуть светильник на месте, или переместить по окружности датчик, так чтобы расстояние до центра стекла не изменилось, а угол между плоскостью стекла и направлением на датчик люксметра стал 45° .

Далее смотрим таблицу соответствия освещенности и светового потока, выбираем ближайшее к измеренному значение освещенности из таблицы, и соответствующее значение светового потока. Зависимость освещенности и светового потока — линейная, поэтому промежуточные значения можно аппроксимировать через пропорцию. Для косинусной формы КСС первое и второе измерение отличаются в 1,41 раза. Если соотношение другое, то форма КСС не косинусная и таблица не подходит.



ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ ГОСТ 8.023– 2012
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
СВЕТОВЫХ ВЕЛИЧИН НЕПРЕРЫВНОГО
И ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЙ

ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации,
метрологии и сертификации (протокол от 24 мая 2012 г. № 41)

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 7 Измерение освещенности, яркости и силы света

Профессиональные приборы для измерения освещённости, яркости и пульсаций в должны соответствовать требованиям, выдвигаемым к ним действующими санитарными нормами на уровни освещённости и коэффициента пульсаций:

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

СанПиН 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях.

ГОСТ 24940-96 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности.

ГОСТ Р 54945-2012 Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности.

ГОСТ 26824-86 Здания и сооружения. Методы измерения яркости.

МУ 2.2.4.706-98/МУ ОТ РМ 01-98 Оценка освещения рабочих мест.

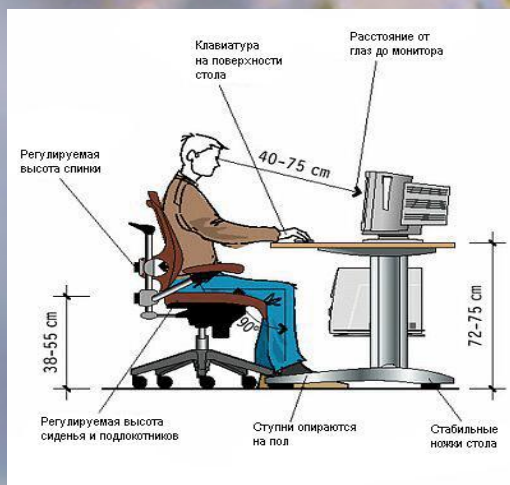
ГОСТ Р 54350-2011 Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний.

РМГ 77-2005 Интегральные характеристики ультрафиолетового излучения в охране труда. методика выполнения измерений.

и другие.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Гигиенические советы и рекомендации по профилактике нарушений зрения



1. Если в обычных, домашних условиях при чтении приходится держать книгу на расстоянии более (или менее) 30-35 см, прищуривать глаза при чтении, заметно напрягаться, то пора идти к врачу-офтальмологу, улучшать освещенность, а также снизить зрительную нагрузку, объем зрительной работы.

2. Целесообразно использовать компактные люминесцентные лампы: они экономичны, обладают высокой цветопередачей. Так, люминесцентные лампы с маркировкой типа ЛД (лампы дневного света) и ЛДЦ (дневного света с улучшенной цветопередачей) обеспечивают необходимое качество света при работах, требующих различения цветов. А лампы ЛБ (лампы белого света) являются наиболее экономичными. На некоторых лампах можно увидеть маркировку Ra, обозначающую уровень цветопередачи. Так, лампы с Ra, равным 91-100, обеспечивают высокую цветопередачу, их используют при работах, предъявляющих высокие требования к определению цвета, его оттенков.

Гигиенические советы и рекомендации по профилактике нарушений зрения



3. Лучшим качеством, особенно по спектральным характеристикам, безусловно, обладает естественный свет. Поэтому зрительную работу лучше всего выполнять в дневное время, с использованием естественной инсоляции. При ее недостатке необходимо использовать совмещенное освещение (естественное и искусственное). При отсутствии естественного освещения, в сумерках или темное время суток пользоваться комбинированным освещением: к общему освещению (потолочное, напольное) добавляется местное (настольная лампа для непосредственного освещения места зрительных работ). Только местное освещение (без общего верхнего или бокового света) использовать не рекомендуется.

4. Свет на рабочую поверхность должен падать с левой стороны (когда выполняются письменные или аналогичные работы), при чтении возможно расположение источника света и с правой стороны; если точная работа проводится двумя руками, то сверху.

При верхнем расположении источника света необходимо такое расположение светильника, чтобы световой поток не падал на поверхность головы, особенно при использовании в светильнике ламп накаливания. Последние - источники излучения тепла, поэтому они не только светят, но и заметно греют, и этот тепловой поток может быть неприятным или даже опасным, особенно при его воздействии на поверхность головы.

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Гигиенические советы и рекомендации по профилактике нарушений зрения



5. При условии неравномерной освещенности рабочей поверхности, разной яркости отдельных объектов орган зрения вынужден функционировать с перенапряжением, постоянной переадаптацией, поэтому рабочая поверхность должна быть освещена равномерно, без резких теней. Не должно быть и значительных различий параметров освещенности, если зрительная работа связана с различением объектов на рабочей поверхности стола и в самом помещении при использовании местного и общего освещения.

6. На рабочей поверхности не должно быть прямой и отраженной блескости, колебаний светового потока. Например, в производственных условиях для устранения колебаний светового потока необходимо использовать специальные, отдельные линии питания, а в домашних условиях при отсутствии мощных источников потребления электроэнергии стабильность светового потока в основном обеспечивается за счет качества и своевременной замены ламп.



Превышение допустимых норм электромагнитного излучения (ЭМИ)

Источник ЭМИ	Показатели излучения, мкТл	Превышение, раз
Компьютер	1-100	5-500
Холодильник	1	5
Кофеварка	10	50
Печь СВЧ	8-100	40-500
Электробритва и фен	15-17	75-85
Провод от лампы	0,7	3,5
Трамвай, троллейбус	150	750
Метро	300	1500
Сотовый телефон	40	200

Предельно допустимая норма для человека — 0,2 мкТл.

БЕРЕГИТЕ СЕБЯ
И ОКРУЖАЮЩИХ